貉对 5 种动物性蛋白质饲料中粗蛋白质消化率及有效能值的测定

董雪玉[1] 李 漠[1*] 牛一兵[1] 巩文洋[1] 王夕国[2] 李 永[3] 段玲欣[1] 冯敏山[1,3**] 李素芬[1**]

（1.河北科技师范学院，秦皇岛 066004；2.河北秋豪集团华夏新农科技有限公司，昌黎 066600；3.河北省碣石皮毛产业研究院，昌黎 06660）

摘 要：本试验旨在测定貉对 5 种常用动物性蛋白质饲料中粗蛋白质的消化率及有效能值。选取体重相近的健康公、母貉各 30 只，随机分为 6 组，每组 10 只（公母各占 1/2），每个重复 1 只，单笼舍饲。6 组貉分别饲喂基础饲粮和以 20%（鱼粉、鸡肉粉或肉骨粉）或 15%（血粉或酶解羽毛粉）待测饲料替代基础饲粮组成的试验饲粮。预试期 7 d，正试期 5 d。结果显示：公、母貉对上述 5 种动物性蛋白质饲料中干物质、有机物质和粗蛋白质的消化率及消化能和代谢能均无显著差异（P>0.05）。貉对鱼粉、肉骨粉、鸡肉粉、血粉和酶解羽毛粉的消化能分别为 17.30、12.60、17.09、20.27 和 18.84 MJ/kg，代谢能分别为 13.94、10.38、14.44、16.05 和 15.10 MJ/kg，粗蛋白质消化率分别为 94.8%、80.7%、81.0%、92.6%和 87.5%。由此得出，作为蛋白质饲料资源，貉对鱼粉中粗蛋白质的消化率最高，其次为血粉和酶解羽毛粉，对鸡肉粉和肉骨粉中粗蛋白质的消化率较低。

关键词：动物性蛋白质饲料；粗蛋白质消化率；消化能；代谢能；貉

中图分类号：S816 文献标识码： 文章编号：

动物性蛋白质饲料是动物饲粮蛋白质的重要来源，测定动物性蛋白质饲料中能量和养分的消化率，是科学合理的配制饲粮的重要依据。目前，已有学者评定了猪[1-2]、鸡[3-4]、水貂[5]、鹅[6-7]和犬[8]对鱼粉，猪[9]和蓝狐[10]对鸡肉粉，猪[11]和蓝狐[10]对肉骨粉，水貂[5]和鹅[7]对血粉，猪[12]、蓝狐[10]和水貂[5]对酶解羽毛粉等动物性蛋白质饲料中干物质、粗蛋白质的消化率以及消化能和代谢能。但至今尚未见到鱼粉、鸡肉粉、肉骨粉、血粉及酶解羽毛粉对貉营养价值的研究报道。因此，本试验旨在评定上述 5 种动物性蛋白质饲料对貉的营养价值，为合理制订貉饲粮配方提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲粮

本试验于 2016 年 9 月 1 日购进 11 周龄体重相近的公、母貉各 30 只，随机分为 6 组，每组 10 只（公母各占 1/2），每个重复 1 只，单笼饲养。

收稿日期：2018-05-24
基金项目：河北省重点研发计划项目（162366051D-8）；秦皇岛市科技创新平台建设运行经费（201702B003）；秦皇岛市农业科学研究院计划项目（2015-12）
作者简介：董雪玉（1993-），女，河北唐山人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。
E-mail：2234013114@qq.com
*同等贡献作者
**通信作者：冯敏山，教授，硕士生导师，E-mail: minshanf@163.com；李素芬，教授，硕士生导师，E-mail: lisufen64@163.com

5 种动物性蛋白质饲料的营养水平见表 1。参照河北秋豪集团华夏新农科技有限公司的企业标准配制粗蛋白质含量为 22%的基础饲粮（基础饲粮组成及营养水平见表 2）。考虑到 5 种动物性蛋白质饲料在貉常用饲粮中的用量和适口性，分别以 20%鱼粉、肉骨粉、鸡肉粉或 15%血粉、酶解羽毛粉替代基础饲粮配成待测饲粮[13]。

表 1　5 种动物性蛋白质饲料营养水平（风干基础）

Table 1　Nutrient levels of five animal protein feeds (air-dry basis)　　%

项目 Items	鱼粉 Fish meal	肉骨粉 Meat and bone meal	鸡肉粉 Chicken meat meal	血粉 Blood meal	酶解羽毛粉 Enzyme hydrolyzed feather meal
干物质 DM	93.82	93.12	93.37	91.73	91.12
粗蛋白质 CP	66.92	50.07	64.82	86.50	81.36
粗脂肪 EE	6.58	7.21	11.06	0.22	3.56
粗灰分 Ash	17.40	30.41	12.28	3.66	1.67
总能 GE/（MJ/kg）	18.47	15.85	20.97	22.14	22.22
钙 Ca	5.04	13.98	4.31	0.07	0.37
磷 P	2.83	5.72	2.18	1.97	0.17

3 个平行测定的平均值 Means of triplicate determinations。

表 2　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	61.50
肉骨粉 Meat and bone meal	4.00
鱼粉 Fish meal	5.00
鸡肉粉 Chicken meat meal	4.00
豆粕 Soybean meal	8.00
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	3.00
玉米胚芽粕 Corn germ meal	3.00
血粉 Blood meal	2.00
羽毛粉 Enzyme hydrolyzed feather meal	2.00
豆油 Soybean oil	4.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00
氯化钠 NaCl	0.30
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.30
赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.40
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
总能 GE/（MJ/kg）	18.55
粗蛋白 CP	21.74
粗脂肪 EE	6.40
粗灰分 Ash	5.76
赖氨酸 Lys	1.41
蛋氨酸 Met	0.68

蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.85
钙 Ca	0.97
非植酸磷 NP	0.69

1)每千克预混料含 One kg of premix contained the following：VA 600 000 IU，VD_3 130 000 IU，VE 3 000 mg，VK^3 40 mg，VB_1 300 mg，VB_2 460 mg，VB_6 180 mg，VB_{12} 4 mg，叶酸 folic acid 50 mg，烟酸 niacin 2 000 mg，泛酸 pantothenic acid 1 500 mg，生物素 biotin 42 mg，氯化胆碱 cholinechloride 60 mg，VC 9 000 mg，Fe 3 800 mg，Zn 3 200 mg，Mn 1 600 mg，I 50 mg，Se 10 mg，Cu 500 mg。

2)总能、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分为测定值，其他为计算值。GE, CP, EE and ash were measured values, while the others were calculated values.

试验饲粮为粉状风干料，以貉自由采食 90%为原则，每天定量称取饲粮 200 g，按照质量比 1∶3 加水搅拌均匀成糊状进行饲喂。每天 08：00 和 15：00 各饲喂 1 次。确保充足饮水，自然光照，定期清洁卫生。2016 年 9 月 10 日至 2016 年 9 月 16 日为预试期，2016 年 9 月 17 日开始正式试验[公貉体重（5.33±0.21）kg，母貉体重（5.28±0.17） kg]，采用全收粪法收集粪、尿 5 d。

1.2 样品采集与制备

试验开始前在尿桶中加入盐酸固氮（每天在桶中加入 20 mL 10%盐酸），用量筒量取尿液体积，按 1/20 收集 5 d 的尿液，用于测定尿液中总能。每天收集粪便并称重，按 100 g 鲜粪加入 10 mL 10％盐酸溶液进行固氮。鲜粪先在 80 ℃下杀菌 2 h，再在 65 ℃烘干至恒重，制备风干样品。将烘干后的粪样粉碎过 40 目筛，制成分析样品，以测定总能和营养成分含量。

1.3 指标测定

饲粮、粪羊和尿样中总能采用 IKA C2000 basic 氧弹式测热计（Staufen，德国）测定，干物质含量参照 GB/T 6435-2014 中方法测定，粗蛋白质含量参照 GB/T 6432-1994 中凯氏定氮法测定，粗脂肪含量参照 GB/T 6433-2006 中索氏抽提法测定，粗灰分含量参照 GB/T 6438-2007 中方法测定，有机物质含量用原重量减去粗灰分含量得到。参照 GB/T 13885-1992 使用 IRIS Intrepid Ⅱ等离子体发射光谱仪（TE，美国）测定待测饲料和饲粮中钙、铁、钾、镁、铜、锌和锰含量。参照 GB/T 6437-2002，采用分光光度法测定原料和饲粮中磷含量。以国家标准物质牛肝粉[GBW(E) 080193]作为质控标准。参照 GB/T 18246-2000 中方法采用氨基酸自动分析仪（Hitachi L-8900，Tokyo，日本）测定原料和饲粮中除色氨酸外的 17 种氨基酸的含量。参照 GB/T 15400-94 中方法采用分光光度法使用 754PG 型紫外可见分光光度计（上海光学仪器有限公司）测定原料和饲粮中色氨酸的含量。

采样套算法计算待测饲料中营养成分或总能消化率的计算公式如下：

$D=[100×(A-B) / F]+B$[13]。

式中：D 为待测饲料中某营养成分或总能的消化率(%)；A 为待测饲粮中该营养成分或总能的消化率(%)；B 为基础饲粮中该营养成分或总能的消化率(%)；F 为待测饲料中该养分占待测饲粮中该养分的比例（%）。

待测饲粮和基础饲粮中营养成分或总能消化率、总能利用率、消化能和代谢能的计算公式如下：

某营养成分或总能消化率（%）=（该营养成分或总能摄入量-粪中该营养成分或总能排出量）×100/该营养成分或总能摄入量；

总能利用率（%）=（总能摄入量-粪能-尿能）×100/总能摄入量；

消化能（MJ/kg）=总能×总能消化率/100；

代谢能（MJ/kg）=总能×总能利用率/100。

1.4 数据处理与分析

试验结果以平均值±标准差表示，并使用 SAS 6.12 中的 *t* 检验进行公、母貉性别间差异显著性检验，以 ANOVA 过程对不同待测饲料间营养成分或总能消化率及消化能、代谢能进行方差分析，方差分析差异显著者以 LSD 法进行平均值间差异显著性比较，以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 貉对 5 种动物性蛋白质饲料中总能的消化率及有效能值

由表 3 可知，貉的性别对消化能和代谢能均无显著影响（$P>0.05$）。貉对鱼粉和血粉中总能的消化率较高，分别为 93.7%和 91.6%，显著高于其他 3 种待测饲料（$P<0.05$）；酶解羽毛粉和鸡肉粉中总能的消化率次之，分别为 84.8%和 81.5%；肉骨粉中总能的消化率最低，为 79.5%。血粉的消化能为 20.27 MJ/kg，显著高于其他 4 种待测饲料（$P<0.05$）；其次为酶解羽毛粉，其消化能为 18.84 MJ/kg；鱼粉和鸡肉粉的消化能接近，分别为 17.30 和 17.09 MJ/kg；肉骨粉的消化能为 12.60 MJ/kg，显著低于其他 4 种待测饲料。鱼粉中总能的利用率为 75.5%，显著高于其他 4 种待测饲料（$P<0.05$）；肉骨粉中总能的利用率最低，仅为 65.4%，显著低于鱼粉和血粉（$P<0.05$）；鸡肉粉、血粉和酶解羽毛粉中总能的利用率介于 68.0%~72.5%。血粉和酶解羽毛粉的代谢能分别为 16.05 和 15.10 MJ/kg，显著高于其他 3 种待测饲料（$P<0.05$）；鱼粉和鸡肉粉的代谢能相近，分别为 13.94 和 14.44 MJ/kg；肉骨粉的代谢能最低，为 10.38 MJ/kg。

2.2 貉对 5 种动物性饲料中干物质、有机物质和粗蛋白质的消化率

由表 4、表 5 和表 6 可知，公、母貉对 5 种动物性蛋白质饲料中干物质、有机物质和粗蛋白质的消化率均无显著差异（$P>0.05$）。

由表 4 可知，血粉中干物质的消化率最高，为 86.2%，与酶解羽毛粉差异不显著（P>0.05），但显著高于其他 3 种待测饲料（P<0.05）；肉骨粉中干物质的消化率最低，仅为 53.9%，显著低于其他 4 种待测饲料（P<0.05）。

由表 5 可知，鱼粉中有机物质的消化率最高，为 92.3%，与血粉差异不显著（P>0.05），但显著高于其他 3 种待测饲料（P<0.05）；酶解羽毛粉居中，为 54.8%；肉骨粉和鸡肉粉中有机物质的消化率较低，分别为 80.5%和 80.9%，显著低于其他 3 种待测饲料（P<0.05）。

由表 6 可质，鱼粉和血粉中粗蛋白质的消化率分别为 94.8%和 92.6%，显著高于其他 3 种待测饲料（P>0.05）；酶解羽毛粉中粗蛋白质的消化率为 87.5%，居中；肉骨粉和鸡肉粉中粗蛋白质的消化率较低，分别为 80.7%和 81.0%。

3 讨　论

3.1 貉对鱼粉中营养成分及能量的消化利用

由于缺乏貉常用饲料营养价值的评定数据，制订貉饲粮配方时多参考猪或其他毛皮动物狐和貂的试验数据进行计算。《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中，猪对进口鱼粉（粗蛋白质含量为 67.0%）的消化能和代谢能分别为 13.47 和 11.16 MJ/kg。Rojas 等[2]测得鲱鱼鱼粉（粗蛋白质含量为 63.4%，总能为 18.51 MJ/kg）对猪的总能消化率为 86.3%，消化能为 15.89 MJ/kg，代谢能为 14.53 MJ/kg，蛋白质消化率为 84.1%。孙伟丽等[10]报道，以进口鱼粉（粗蛋白质含量为 68.22%）作为唯一的蛋白质源配制纯合饲粮，成年公、母蓝狐对鱼粉饲粮中干物质和粗蛋白质的消化率分别 64.43%和 60.18%，与羽毛粉饲粮之间差异均不显著。范文文等[5]采用以 20%鱼粉（粗蛋白质含量为 65.8%，总能为 22.56 MJ/kg）替代基础饲粮的套算法进行试验，发现黑色母貂对鱼粉中总能的消化率为 83.5%，干物质的消化率为 67.1%，粗蛋白质的消化率为 89.5%。本试验中貉对鱼粉中干物质和粗蛋白质的消化率及消化能均高于上述报道，造成这种差异的原因，一是不同饲粮的适口性和氨基酸平衡程度可能影响了营养成分的消化率[10]；二是在貉干粉料配制中借用猪或其他毛皮动物的数据进行计算可能有偏差。在所测 5 种动物性蛋白质饲料中，鱼粉中干物质的消化率低于血粉，这可能与鱼粉饲粮中粗灰分含量较高有关；鱼粉中有机物质、总能和粗蛋白质的消化率均高于其他待测饲料，进一步显示了鱼粉对貉的高营养价值。

3.2 貉对肉骨粉中营养成分及能量的消化利用

《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中，猪对肉骨粉（粗蛋白质含量为 50.0%）的消化能和代谢能分别为 11.84 和 10.17 MJ/kg。Shi 等[14]报道生长猪对肉骨粉（粗蛋白质含量为 56.4%，总能为 18.46 MJ/kg）中总能的消化率和利用率分别为 75.6%和 73.1%，消化能和代谢能分别为 13.96 和 13.49 MJ/kg；母猪对肉骨粉中总能消化率和利用率分别为 84.6%和 78.2%，消化能和代谢能分别为 15.62 和 14.43 MJ/kg。

孙伟丽等[10]报道以肉骨粉（粗蛋白质含量为 51.5%）为唯一蛋白质源配制纯合饲粮，成年蓝狐对肉骨粉饲粮中干物质的消化率为 49.7%，粗蛋白质的消化率为 54.0%，干物质消化率显著低于羽毛粉饲粮、鱼粉饲粮和鸡肉粉饲粮，粗蛋白质消化率在数值上也低于羽毛粉饲粮、鱼粉饲粮和鸡肉粉饲粮。本试验中貉对肉骨粉的消化能和代谢能略高于《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中猪的相应值，但总能消化率与《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中猪的相应值相近，貉对肉骨粉中总能的利用率偏低，这可能与猪利用蛋白质的主要用途是用于增重，而貉对蛋白质的利用还包括毛囊发育等有关。本试验中，貉对肉骨粉中干物质和粗蛋白质的消化率高于蓝狐，但与蓝狐一样，肉骨粉中干物质消化率低于其他待测饲料，说明肉骨粉饲粮中粗灰分含量较高，不能完全被消化吸收。

3.3 貉对鸡肉粉中营养成分及能量的消化利用

Rojas 等[9]采用玉米与鸡肉粉（干物质为含量 96.80%，粗蛋白质含量为 66.0%，总能为 20.53 MJ/kg）组成断奶仔猪饲粮，测得鸡肉粉中总能的消化率为 87.9%，消化能和代谢能分别为 17.41 和 15.46 MJ/kg。孙伟丽等[10]报道以鸡肉粉（粗蛋白质含量为 52.3%）为唯一蛋白质源配制纯合饲粮，成年蓝狐对鸡肉粉饲粮中干物质和粗蛋白质的消化率分别为 64.4 和 63.9%，其中公狐对鸡肉粉饲粮中干物质和粗蛋白质的消化率均显著高于肉骨粉饲粮和猪肉粉饲粮。本试验中，貉对鸡肉粉中总能的消化率、消化能和代谢能略低于断奶仔猪[9]，干物质和粗蛋白质消化率高于蓝狐[10]，但与蓝狐不同，鸡肉粉与肉骨粉中有机物质和粗蛋白质的消化率并未表现出显著差异，说明貉对畜禽肉粉中蛋白质的消化力相近。

3.4 貉对血粉中营养成分及能量的消化利用

《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中，猪对血粉（粗蛋白质含量为 82.8%）的消化能和代谢能分别为 11.42 和 9.04 MJ/kg。邓莹莹等[15]报道断奶仔猪对喷雾干燥破膜血球蛋白粉（干物质含量为 91.9%，粗蛋白质含量为 90.1%）中粗蛋白质的消化率为 92.7%，总能消化率和利用率分别为 92.0%和 90.7%，消化能和代谢能分别为 19.28 和 19.03 MJ/kg。范文文等[5]报道水貂对猪血球蛋白粉（干物质含量为 91.6%，粗蛋白质含量为 92.3%）中干物质的消化率为 84.9%，显著高于进口鱼粉；粗蛋白质和总能的消化率分别为 95.9%和 92.2%，与进口鱼粉无显著差异。本试验中，貉对血粉中干物质、粗蛋白质和总能的消化率与上述喷雾干燥破膜血球蛋白粉[15]和猪血球蛋白粉[5]相近，且血粉对貉的消化能和代谢能远远高于《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中血粉对猪的消化能和代谢能，粗蛋白质消化率也与进口鱼粉相近，说明血粉可以做为貉的优质蛋白质饲料资源。

3.5 貉对酶解羽毛粉中营养成分及能量的消化利用

《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中，猪对羽毛粉（粗蛋白质含量为 77.9%）的消化能

和代谢能分别为 11.59 和 9.29 MJ/kg。喻洋[12]以 5%酶解羽毛粉（粗蛋白质含量为 85.5%）替代基础饲粮，测得生长肥育猪对酶解羽毛粉中粗蛋白质的消化率为 83.8%。孙伟丽等[10]以羽毛粉（粗蛋白质含量为 85.72%）为唯一蛋白质源配制纯合饲粮，测定成年蓝狐对羽毛粉饲粮中干物质和粗蛋白质的消化率分别为 68.57%和 61.96%，与进口鱼粉饲粮和鸡肉粉饲粮差异不显著，但干物质消化率显著高于肉骨粉饲粮和猪肉粉饲粮，粗蛋白质消化率也显著高于猪肉粉饲粮。范文文等[5]以 20%羽毛粉（粗蛋白质含量为 87.63%，总能为 25.07 MJ/kg）替代基础饲粮，测得黑色母貂对羽毛粉中干物质的消化率为 40.63%，总能消化率为 47.36%，粗蛋白质消化率为 51.10%，显著低于进口鱼粉。本试验中，貉对酶解羽毛粉中粗蛋白质的消化率与生长肥育猪相近，但其总能、干物质和粗蛋白质的消化率均高于蓝狐、水貂，同时消化能和代谢能也高于《中国饲料成分及营养价值表(2017 年第 28 版)》中猪对羽毛粉的相应值。酶解加工工艺破坏羽毛中的二硫键，进而提高羽毛粉的消化率已经得到证实[16]，至于 3 种毛皮动物对酶解羽毛粉的消化利用是否存在差异，还有待于进一步研究。

4 结　论

① 5 种动物性蛋白质饲料中，鱼粉中总能和粗蛋白质的消化率最高，是配制貉干粉料的优质蛋白质饲料资源。

② 在满足适口性和氨基酸平衡的前提下，貉干粉料中可适量使用血粉、酶解羽毛粉和鸡肉粉。

③ 肉骨粉中粗灰分含量高，不适宜在貉干粉料中大量使用。

表 3　貉对 5 种动物性蛋白质饲料中总能的消化率以及消化能和代谢能

Table 3　GE digestibility, DE and ME of five animal protein feeds for raccoon dogs

项目 Items	性别 Sex	基础饲粮 Basal diet	鱼粉饲粮 Fish meal diet	肉骨粉饲粮 Meat and bone meal diet	鸡肉粉饲粮 Chicken meat meal diet	血粉饲粮 Blood meal diet	酶解羽毛粉饲粮 Enzyme hydrolyzed feather meal diet
日采食量 Daily feed intake/（g/d）	母 Female	200±1	200±0	200±0	200±1	200±0	200±0
	公 Male	198±3	200±0	200±1	200±0	200±0	200±0
	平均 Average	199±2	200±0	200±1	200±1	200±0	200±0
日排粪量 Daily faeces output/（g/d）	母 Female	35.0±2.6	35.4±0.2	46.5±2.3	38.9±0.8	32.5±1.5	33.5±1.9
	公 Male	34.5±1.3	34.7±0.5	45.9±2.3	39.2±2.2	33.6±1.4	33.9±1.2
	平均 Average	34.8±2.1	35.1±0.5	46.2±2.2	39.1±1.6	33.0±1.5	33.8±1.5
日进食总能 Daily GE intake/（MJ/d）	母 Female	3.71±0.01	3.73±0.00	3.59±0.00	3.80±0.02	3.81±0.00	3.81±0.00
	公 Male	3.68±0.06	3.73±0.00	3.59±0.01	3.81±0.00	3.81±0.00	3.81±0.00
	平均 Average	3.69±0.04	3.73±0.00	3.59±0.01	3.81±0.01	3.81±0.00	3.81±0.00
日排出粪能 Daily fecal energy output/（MJ/d）	母 Female	0.55±0.05	0.49±0.01	0.56±0.04	0.58±0.01	0.51±0.02	0.55±0.03
	公 Male	0.54±0.02	0.49±0.01	0.57±0.04	0.60±0.03	0.54±0.02	0.57±0.04
	平均 Average	0.55±0.04	0.49±0.01	0.57±0.04	0.59±0.03	0.52±0.02	0.56±0.03
日排出尿能 Daily urine	母 Female	0.18±0.01	0.28±0.01	0.24±0.01	0.25±0.01	0.28±0.01	0.27±0.01

energy output/(MJ/d)	公 Male	0.18±0.01	0.28±0.01	0.23±0.01	0.25±0.01	0.28±0.01	0.27±0.01
	平均 Average	0.18±0.01	0.28±0.01	0.23±0.01	0.25±0.01	0.28±0.01	0.27±0.01
总能消化率 GE digestibility/%	母 Female		93.1±1.9	80.5±6.7	82.5±1.7	92.8±3.4	85.5±3.9
	公 Male		94.2±1.7	78.5±5.7	80.7±3.9	90.3±2.8	84.7±4.9
	平均 Average		93.7±1.8^{a}	79.5±6.0^{c}	81.5±3.1^{bc}	91.6±3.2^{a}	84.8±4.5^{b}
消化能 DE/(MJ/kg)	母 Female		17.20±0.35	12.75±1.07	17.30±0.35	20.55±0.75	19.02±0.87
	公 Male		17.39±0.30	12.45±0.90	16.93±0.81	20.00±0.62	18.65±1.08
	平均 Average		17.30±0.33^{c}	12.60±0.94^{d}	17.09±0.64^{c}	20.27±0.71^{a}	18.84±1.01^{b}
	性别 *P* 值 *P*-value of sex		0.36	0.64	0.80	0.51	0.68
总能利用率 GE availability/%	母 Female		75.0±1.4	66.0±5.3	69.8±1.5	73.9±3.0	69.4±3.7
	公 Male		76.0±1.3	65.0±4.0	68.2±3.6	71.1±2.8	66.5±4.3
	平均 Average		75.5±1.4^{a}	65.4±5.2^{c}	68.9±2.8^{bc}	72.5±3.1^{b}	68.0±4.1^{bc}
代谢能 ME/(MJ/kg)	母 Female		13.85±0.26	10.47±0.93	14.63±0.32	16.36±0.67	15.30±0.82
	公 Male		14.03±0.24	10.29±0.79	14.29±0.75	15.75±0.62	14.88±0.96
	平均 Average		13.94±0.26^{c}	10.38±0.82^{d}	14.44±0.59^{c}	16.05±0.69^{a}	15.10±0.91^{b}
	性别 *P* 值 *P*-value of sex		0.29	0.75	0.83	0.51	0.62

同行数据（总能消化率和利用率以及消化能和代谢能的平均数据）肩标相同或无字母者表示差异不显著（P>0.05），不同字母者表示差异不显著（P<0.05）。下表同。

Values (average values of the digestibility and availability GE, DE and ME) in the same line with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

表 4　貉对 5 种动物性蛋白质饲料中干物质的消化率

Table 4　DM digestablility of five animal protein feeds for raccoon dogs

项目 Items	性别 Sex	基础饲粮 Basal diet	鱼粉饲粮 Fish meal diet	肉骨粉饲粮 Bovine meat and bone meal diet	鸡肉粉饲粮 Chicken meat meal diet	血粉饲粮 Blood meal diet	酶解羽毛粉饲粮 Enzyme hydrolyzed feather meal diet
日进食干物质 Daily DM intake/(g/d)	母 Female	184±1	185±0	185±0	184±1	183±0	183±0
	公 Male	183±3	185±0	185±1	185±0	183±0	183±0
	平均 Average	184±2	185±0	185±1	184±1	183±0	183±0
日粪中排出干物质 Daily fecal DM output/(g/d)	母 Female	32.9±2.4	33.6±0.1	43.7±2.2	37.0±0.7	31.3±1.2	32.0±0.8
	公 Male	32.6±1.2	32.7±0.6	43.4±2.3	37.1±2.1	31.8±1.4	33.2±1.2
	平均 Average	32.8±1.9	33.1±0.6	43.5±2.1	37.0±1.6	31.6±1.3	32.6±1.1
干物质消化率 DM digestibility/%	母 Female		81.2±0.7	53.6±5.9	71.2±2.0	87.1±4.4	83.7±2.8
	公 Male		82.5±1.9	54.2±6.0	71.1±5.7	85.3±5.2	81.3±4.5
	平均 Average		81.7±1.6^{b}	53.9±5.6^{d}	71.2±4.2^{c}	86.2±4.6^{a}	82.5±4.2^{ab}

性别 *P* 值 *P*-value of sex	0.15	0.87	0.54	0.48	0.53

表 5　貉对 5 种动物性蛋白质饲料原料中有机物质的消化率

Table 5　OM digestablility of five animal protein feeds for raccoon dogs

项目 Item	性别 Sex	基础饲粮 Basal diet	鱼粉饲粮 Fish meal diet	肉骨粉饲粮 Bovine meat and bone meal diet	鸡肉粉饲粮 Chicken meat meal diet	血粉饲粮 Blood meal diet	酶解羽毛粉饲粮 Enzyme hydrolyzed feather meal diet
日进食有机物质 Daily OM intake/(g/d)	母 Female	173±1	168±0	164±0	169±1	172±0	173±0
	公 Male	171±3	168±0	163±1	170±0	172±0	173±0
	平均 Average	172±2	168±0	163±1	170±1	172±0	173±0
日粪中排出有机物质 Daily fecal OM output/(g/d)	母 Female	25.1±1.8	22.7±0.5	25.6±1.8	27.1±1.8	23.6±1.2	24.8±0.9
	公 Male	25.1±1.1	22.3±0.6	26.0±1.8	26.7±1.6	24.7±1.5	25.5±2.0
	平均 Average	25.1±1.4	22.5±0.5	25.8±1.7	26.9±1.7	24.2±1.4	25.2±1.1
有机物质消化率 OM digestibility/%	母 Female		91.6±1.5	81.4±7.2	80.1±5.6	91.2±4.4	85.8±3.3
	公 Male		92.9±1.9	79.6±6.0	81.7±5.0	88.3±3.1	83.7±5.4
	平均 Average		92.3±1.8^{a}	80.5±6.7^{c}	80.9±5.1^{c}	89.7±3.9^{a}	84.8±4.8^{b}
	性别 *P* 值 *P*-value of sex		0.25	0.70	0.78	0.56	0.67

表 6　貉对 5 种动物性蛋白质饲料中粗蛋白质的消化率

Table 6　CP digestablility of five animal protein feeds for raccoon dogs

项目 Items	性别 Sex	基础饲粮 Basal diet	鱼粉饲粮 Fish meal diet	肉骨粉饲粮 Bovine meat and bone meal diet	鸡肉粉饲粮 Chicken meat meal diet	血粉饲粮 Blood meal diet	酶解羽毛粉饲粮 Enzyme hydrolyzed feather meal diet
日进食粗蛋白质 Daily CP intake/（g/d)	母 Female	43.4±0.1	62.2±0.0	55.7±0.0	59.7±0.3	62.9±0.0	61.4±0.0
	公 Male	43.1±0.7	62.2±0.0	55.7±0.1	59.8±0.0	62.9±0.0	61.4±0.0
	平均 Average	43.3±0.5	62.2±0.0	55.7±0.1	59.8±0.2	62.9±0.0	61.4±0.0
日粪中排出粗蛋白质 Daily fecal CP output/（g/d)	母 Female	8.4±0.9	8.4±0.6	10.4±1.1	11.4±0.3	9.3±0.5	9.9±0.7
	公 Male	8.5±0.4	8.3±0.6	11.3±0.9	11.7±0.5	8.9±0.1	10.4±0.9
	平均 Average	8.5±0.7	8.3±0.6	10.9±1.1	11.5±0.4	9.1±0.4	10.2±0.8
粗蛋白质消化率 CP digestibility /%	母 Female		94.6±2.4	83.0±5.5	81.6±3.7	92.2±2.0	88.7±2.7
	公 Male		95.0±2.0	78.3±4.4	80.6±2.7	93.4±2.5	86.3±3.5
	平均 Average		94.8±2.1[a]	80.7±5.3[c]	81.0±3.1[c]	92.6±2.3[a]	87.5±3.1[b]
	性别 *P*值 *P*-value of sex		0.77	0.18	0.60	0.72	0.88

参考文献:

[1] 钟华宜,印遇龙,黄瑞林,等.四种蛋白质饲料常规养分及氨基酸回肠消化率[J].饲料工业,1996(4):32–36.

[2] ROJAS O J,STEIN H H.Concentration of digestible,metabolizable,and net energy and digestibility of energy and nutrients in fermented soybean meal,conventional soybean meal,and fish meal fed to weanling pigs[J].Journal of Animal Science,2013,91(9):4397–4405.

[3] 马立保,何瑞国,王玉莲.应用真代谢能法测定湖北省几种蛋白质饲料氨基酸真利用率[J].华中农业大学学报,2000,19(4):4–6.

[4] 卢福庄,徐子伟,刘敏华,等.浙江鱼粉和秘鲁鱼粉氨基酸对鸡的消化率比较[J].中国畜牧杂志,1997(2):11–13.

[5] 范文文,韩梦飞,李海燕,等.水貂对 5 种非常规蛋白质饲料养分的消化利用率[J].饲料工业,2017,38(7):57–60.

[6] 吴梦琴.真代谢能法测定鹅对几种饲料代谢能、氨基酸、粗纤维的消化利用率的研究[D].硕士学位论文.南宁：广西大学,2006.

[7] 何云,刘长忠,张海棠,等.不同蛋白质饲料对肥育鹅表观代谢率和血清生化指标的研究[J].饲料工业,2010,31(18):47–50.

[8] 郑建婷,淡瑞芳,郑中朝,等.宠物犬对 3 种常规饲料的消化代谢研究[J].甘肃农业大学学报,2009,44(3):22–25.

[9] ROJAS O J,STEIN H H.断奶仔猪饲喂鸡肉粉、禽副产品、肠膜、全鸡粉豆粕复合物和常规豆粕的消化代谢能浓度和氨基酸消化率[J].中国饲料,2016(7):35–41.

[10] 孙伟丽,耿业业,刘晗璐,等.蓝狐对不同蛋白质来源日粮干物质和粗蛋白质表观消化率的比较研究[J].动物营养学报,2009,21(6):953–959.

[11] BATTERHAM E S,LEWIS C E,LOWE R F,et al.Digestible energy content of meat meals and meat and bone meals for growing pigs[J].Animal Science,1980,31(3):273–277.

[12] 喻洋.酶解羽毛粉在生长肥育猪体内体外消化率的评定及其模型研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2011.

[13] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2001:168.

[14] SHI X S,NOBLET J.Digestible and metabolizable energy values of ten feed ingredients in growing pigs fed ad libitum and sows fed at maintenance level：comparative contribution of the hindgut[J].Animal Feed Science and Technology,1993,42(3/4):223–236.

[15] 邓莹莹,余冰,陈代文.喷雾干燥破膜血球蛋白粉在断奶仔猪上的营养价值评定[J].中国饲料,2007(13):14－17.

[16] 梁丹妮.建鲤（*Cpyrinus carpio* var.Jian）对 18 种饲料原料营养物质的表观消化率研究[D].硕士学位论文.南京：南京农业大学，2011.

Evaluations of Crude Protein Digestibility and Effective Energy Values in Five Animal Protein Feeds for Raccoon Dogs

DONG Xueyu[1] LI Mo[1*] NIU Yibing[1] GONG Wenyang[1] WANG Xiguo[2] LI Yong[3] DUAN Lingxin[1] FENG Minshan[1,3**] LI Sufen[1**]

(1. *Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao* 066004*, China*;

2. *Hebei Qiuhao Group Huaxia Xinnong Technology Co., Ltd, Changli* 066600*, China*;

3. *Hebei Jieshi Fur Industry Research Institute, Changli* 066600*, China*）

Abstract: In this experiment, the digestibility of crude protein (CP) and effective energy values in 5 animal protein feeds were determined for raccoon dogs. A total of 60 raccoon dogs (30 males and 30 females) with similar body weight were selected and randomly divided into 6 groups, and each group contained 10 replicates (5 males and 5 females) with 1 raccoon dog as 1 replicate. The experimental diets were formulated with 15% (enzyme hydrolyzed feather meal or blood meal) or 20% (fish meal, meat and bone meal or chicken meat meal) of tested feeds replacing basal diet. The faces and urine were collected for 5 days after 7 days of adaptation. The results showed that there were no significant differences between male and female raccoon dogs in the digestibility of dry matter, organic matter and CP, as well as digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) in all animal protein feeds (P>0.05). The DE and ME of fish meal, meat and bone meal, chicken meat meal, blood meal and enzyme hydrolyzed feather meal for raccoon dogs were 17.30

*Contributed equaly
**Corresponding authors: FENG Minshan, professor, E-mail: minshanf@163.com; LI Sufen, professor, E-mail: lisufen64@163.com （责任编辑 菅景颖）

and 13.94, 12.60 and 10.38, 17.09 and 14.44, 20.27 and 16.05, 18.84 and 15.10 MJ/kg, respectively, and the apparent digestibility of CP in the above 5 ingredients were 94.8%, 80.7%, 81.0%, 92.6% and 87.5%, respectively. These results suggested that as the protein feed sources for raccoon dogs, fish meal has the highest CP digestibility, followed by blood meal and enzyme hydrolyzed feather meal, and chicken meat meal and meat and bone meal have the lower CP digestibility.

Key words: animal protein feed; crude protein digestibility; digestible energy; metabolizable energy; raccoon dogs